

2014

Instituto Politécnico de Coimbra

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

Sistema de aquecimento ambiente e produção de AQS para uma moradia em remodelação

MESTRADO EM EQUIPAMENTOS E SISTEMAS MECÂNICOS

AUTOR | João Nuno da Cunha Arzileiro

**ORIENTADOR | Prof. Doutor João Carlos
Antunes Ferreira Mendes**

Coimbra, dezembro 2014

Sistema de aquecimento ambiente e produção de AQS para uma moradia em remodelação

Projecto

Autor

João Nuno da Cunha Arzileiro

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Orientador

João Carlos Antunes Ferreira Mendes

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, dezembro, 2014

“Todo o poeta é engenheiro”

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a toda a minha família por todas as vezes que me ouviram falar deste projecto e pelos conselhos dados de possíveis hipóteses a considerar no projecto, mas quero agradecer particularmente à minha mãe por ser a companheira com quem vivo há vinte e quatro anos e me tem suportado e ajudado em todos os momentos.

Palavra de agradecimento a todos os meus professores pois sem eles não seria possível de todo a minha instrução nesta área em particular ao meu orientador João Ferreira Mendes por todas as ideias trocadas desde o início do projecto e pela liberdade concebida no decorrer do mesmo, mas também pelo exemplo de profissionalismo. Assim como deixo uma palavra de agradecimento ao Professor Eduardo Natividade do Departamento de Engenharia Civil pelo apoio prestado na introdução à base deste projecto, área que tão bem domina.

Agradecer também aos meus colegas de mestrado e de licenciatura em especial aos meus grandes amigos Mário Oliveira e Nuno Salvador por todo o apoio prestado durante a elaboração do projecto, principalmente nos momentos finais quando os índices de motivação não eram os melhores.

Por fim mas não menos importante, agradecer a toda a instituição que é o ISEC, foi a minha segunda casa nestes últimos cinco anos onde aprendi de tudo um pouco, decerto que vai deixar imensas saudades.

RESUMO

A poupança de energia é um dos temas mais falados nos dias de hoje, dada a conjuntura que o país atravessa cada vez mais se procuram soluções que visem colmatar o grande défice energético.

As habitações não são excepções, nos últimos anos as novas construções vêm equipadas com diversos equipamentos e soluções construtivas que permitem reduzir o gasto de energia.

Os edifícios mais antigos tendem a ficar mais desactualizados e cada vez menos eficientes e é objectivo deste projecto fazer uma remodelação a uma moradia com cerca de vinte e cinco anos, tentando assim maximizar o aproveitamento da energia.

O estudo será feito por comparação das classes energéticas antes e depois de introduzidas as melhorias tanto ao nível da introdução de sistemas de aquecimento, introdução de energias renováveis e também ao nível de outras soluções construtivas.

Palavras-chave:

- Remodelação
- Eficiência energética
- Solar térmico
- Aquecimento radiadores
- Aquecimento piso radiante
- Soluções construtivas
- Investimento

ABSTRACT

Energy saving is one of the most talked about topics these days, given the country's situation we are increasingly looking for solutions that cover the large energy deficit.

The houses are not exceptions, in recent years new buildings are equipped with various equipment and construction solutions that reduce energy expenditure.

Older buildings tend to become outdated and less efficient, objective of this project is to make a renovation in a house that has about twenty-five, making it more efficient.

The study will be done by comparing the energy classes before and after the improvements introduced. Therefore introduces heating systems, renewable energies and also other constructive solutions.

Keywords:

- energy efficiency
- solar thermal
- heating radiators
- Radiant floor heating
- constructive solutions
- investment;

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. TEMA PROPOSTO.....	15
1.2. OBJECTIVOS A ATINGIR	16
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL	19
2.1. LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO	19
2.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	20
2.2.1 DESCRIÇÃO GERAL	20
2.2.2 PAREDES	20
2.2.3 PAVIMENTOS E TECTOS.....	21
2.2.4 COBERTURA.....	21
2.2.5 PILARES E VIGAS	21
2.2.6 CAIXAS DE ESTORE.....	21
2.2.7 PORTAS	22
2.2.8 VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	22
2.3. DESCRIÇÃO DOS PISOS.....	22
2.3.1. Primeiro piso.....	23
2.3.2. Rés-do-chão	24
2.3.3. Garagem e sótão	25
2.4. SISTEMAS TÉRMICOS EXISTENTES	26
2.4.1. Aquecimento e arrefecimento.....	26
2.4.2. Preparação de AQS.....	26
2.4.3. Sistema solar térmico	26
2.4.4. Ventilação	28
3. CLASSE ENERGÉTICA.....	29
3.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA FA	29
3.2. ENVOLVENTE EXTERIOR.....	30
3.2.1. Paredes exteriores.....	30
3.2.2. Vãos envidraçados	31
3.2.3. Pontes térmicas lineares	31
3.2.4. Contacto com o solo	32
3.3. ENVOLVENTE INTERIOR.....	33
3.3.1. Paredes	33
3.3.2. Pavimentos	34
3.3.3. Coberturas	34
3.4. CLASSE ENERGÉTICA.....	35
4. SISTEMA SOLAR TÉRMICO	37
4.1. REH.....	37
4.2. CÁLCULOS SOLTERM	37
4.2.1. Consumos de água.....	37
4.2.2. Depósito de inércia	38
4.2.3. Colectores solares	39
4.2.4. Grupo AGS	44
4.2.5. Vaso de expansão solar	45
4.2.6. Energia de apoio.....	46

5. SISTEMAS DE AQUECIMENTO.....	49
5.1. SISTEMA DE AQUECIMENTO CENTRAL	49
5.1.1. <i>Tubagem</i>	49
5.1.2. <i>Bomba circuladora</i>	50
5.2. SISTEMA PISO RADIANTE	52
5.2.1. <i>Tubagem</i>	52
5.2.2. <i>Bomba circuladora</i>	54
5.3. DIMENSIONAMENTO DA FONTE DE CALOR	55
5.4. DEPÓSITO DE ACUMULAÇÃO	56
6. OUTRAS MELHORIAS	57
6.1. VÃOS ENVIDRAÇADOS	57
6.2. ISOLAMENTO DO SÓTÃO	58
6.3. PREPARAÇÃO DE AQS.....	58
6.4. ISOLAMENTO DA ENVOLVENTE	59
7. CLASSE ENERGÉTICA APÓS ALTERAÇÕES.....	61
8. ESTIMATIVA DE CUSTOS	63
9. CONCLUSÕES.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	67
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea do terreno	19
Figura 2 - Caldeira actual	27
Figura 3 - Colectores solares actuais	27
Figura 4 - Alçado principal.....	30
Figura 5 – Pilar com isolamento.....	31
Figura 6 - Alçado Norte e Oeste	33
Figura 7 - Depósito S Solar 200 ZB	38
Figura 8 – Características climáticas Coimbra.....	39
Figura 9 – Esquema com Colector Padrão	40
Figura 10 - Valores de Desempenho do Sistema Térmico Padrão	41
Figura 11 – Esquema com Colector Real	42
Figura 12 – Valores de Desempenho do Sistema Real.....	43
Figura 13 - Ábaco de Escolha do AGS.....	44
Figura 14 - Grupo AGS 5	45
Figura 15 - Vaso Expansão Callefi.....	46
Figura 16 - Esquentador Estanque.....	47
Figura 17 - Bomba Circuladora Grundfos	51
Figura 18 – Curva característica da bomba	51
Figura 19 – Traçado em Espiral	53
Figura 20 – Curva característica da bomba	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Constituição Parede Exterior.....	20
Tabela 2 – Constituição parede interior	20
Tabela 3 - Constituição Pavimentos e Tectos	21
Tabela 4 - Pé Direito	22
Tabela 5 - Compartimentos 1º Piso.....	23
Tabela 6 - Compartimentos r/ch.....	25
Tabela 7 - PTL	32
Tabela 8 - Espaços Não-Úteis.....	33
Tabela 9 - Paredes Interiores.....	34
Tabela 10 - Pavimento Interior	34
Tabela 11 - Coberturas Interiores.....	34
Tabela 12 - Indicadores Energéticos.....	35
Tabela 13 - Energia Global	35
Tabela 14 - Classes Energética	36
Tabela 15 - Dados Dimensionamento AQS	44
Tabela 16 - Dados Vaso de Expansão.....	45
Tabela 17 – Dados da Instalação.....	50
Tabela 18 - Comprimento Tubagem Piso Radiante	53
Tabela 19 - Dados Instalação	54
Tabela 20 - Necessidades para Aquecimento	55
Tabela 21 - Constituição Vidro Duplo.....	57
Tabela 22 - Classe Energética.....	61
Tabela 23 - Estimativa Soluções Construtivas.....	63
Tabela 24 - Estimativa Sistemas	63
Tabela 25 - Estimativa Mão-de-Obra.....	64

SIMBOLOGIA

U	Coeficiente Global Transmissão Calor
CO_2	Dióxido de Carbono
N_{ic}	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento
N_{vc}	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento
Q_a	Energia Útil Necessária para Preparação de AQS
E_{ren}	Energia Renovável
N_{tc}	Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária
M_{AQS}	Quantidade AQS
n	Número de Ocupantes

ABREVIATURAS

AQS	Águas Quentes Sanitárias
FA	Fracção Autónoma
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema de Certificação Ener
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
PTL	Pontes Térmicas Lineares
IS	Instalações Sanitárias
R/CH	Rés-do-Chão
DL	Decreto-Lei
EPS	Poliestireno Expandido Moldado

1.Introdução

1.1. TEMA PROPOSTO

Existe actualmente uma enorme pressão na procura de novas tecnologias que visem contribuir para um desenvolvimento mais sustentável da nossa espécie. Um dos ramos mais em foco é, sem dúvida, a procura de novos tipos de energia e a optimização da forma desta ser aplicada.

De momento ainda dependemos bastante do uso de combustíveis fósseis para produção da energia que usamos, essencialmente em três vertentes: nos transportes, na indústria e na habitação. Nos últimos anos têm-se assistido cada vez mais à implementação das chamadas energias renováveis numa tentativa de diminuir as emissões de CO₂, um dos principais causadores do efeito de estufa, de modo a contrariar o aquecimento global. Estas energias são conseguidas através da exploração de recursos inesgotáveis como o sol, o vento, as marés, etc... e, de momento, são usadas como complemento dos combustíveis fósseis, requerendo, normalmente, um maior investimento na sua implementação. No entanto, existe um vasto leque de normas que visam controlar aquelas emissões, que advêm normalmente de acordos entre as várias nações, sendo o Protocolo de Quioto um dos mais conhecidos.

O conforto térmico nas habitações também tem que seguir algumas normas, que incentivam à introdução das energias renováveis. A mais utilizada é a energia solar pois é a que permite uma utilização mais diversificada, tanto no campo do aquecimento ambiental, como na produção de água quente sanitária (AQS).

O tema proposto tem em vista a actualização e a diversificação dos sistemas energéticos num edifício existente que, com o evoluir dos anos e face às actuais exigências de conforto térmico, foi ficando desactualizado.

A realização de um projecto desta natureza obriga a seguir a legislação apropriada que neste caso é bastante recente. Trata-se do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH - Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto) que veio revogar a legislação anterior: o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE - DL78/2006 de 4 de Abril), o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - DL80/2006 de 4

de Abril) e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE - DL79/2006 de 4 de Abril).

Sendo assim, propõe-se a remodelação da habitação apresentando medidas que podem ser tomadas no âmbito do isolamento e do conforto térmico passando também pela preparação de AQS.

1.2. OBJECTIVOS A ATINGIR

Este projecto tem em vista a remodelação de uma habitação familiar de três andares sendo dois para habitação mais sótão, esta está situada na localidade de Casais do Campo na periferia da cidade de Coimbra. Trata-se de um projecto de 1987 e como já referido naquilo que são os parâmetros energéticos actuais encontra-se desactualizada.

Propõe-se um estudo sobre a introdução de novos sistemas para produção de AQS, de aquecimento ambiente e também a introdução de algumas soluções construtivas que visem contribuir para um aperfeiçoamento da performance térmica da habitação.

Os principais objectivos do projecto são os seguintes:

- Avaliar a classe energética da moradia actualmente;
- Determinar as necessidades de energia correspondentes ao aquecimento ambiente e à produção de AQS;
- Estudar e dimensionar o sistema solar térmico, aquecimento central e piso radiante com os respectivos equipamentos;
- Avaliar a classe energética depois das alterações propostas;
- Efectuar uma estimativa de custos geral para o projecto.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Numa primeira fase faz-se a caracterização actual da moradia, apresentando as soluções energéticas e construtivas que constam da memória descritiva do projecto original da habitação, datado de 1987.

De seguida efectua-se o cálculo da classe energética da habitação atual utilizando as folhas de cálculo disponibilizadas pelo ITeCons. Este cálculo servirá de base de trabalho para a etapa

seguinte que é o dimensionamento de todos os sistemas, nomeadamente, do solar térmico para produção de AQS, do aquecimento central e do piso radiante.

Uma vez dimensionados todos os sistemas, e contabilizadas todas as melhorias, no que diz respeito às soluções construtivas propostas, segue-se uma nova fase de cálculo da classe energética da habitação.

Por fim é elaborado um orçamento onde se apresenta uma estimativa do investimento e uma previsão da poupança que as medidas implementadas permitem alcançar.

2. Caracterização geral

2.1. LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO

A moradia em estudo, como já referido, é composta por três pisos e sótão. O piso inferior destina-se a garagem, os dois pisos seguintes para habitação e finalmente um sótão, todos com a mesma área total (excepto varandas). Está situada na Rua 20 de Maio nº 87, Casais do Campo, Coimbra. É um edifício residencial permanente construído em 1988 onde habitam cinco pessoas.

Na periferia do edifício existem outros com praticamente a mesma altura que poderão causar sombreamento no edifício em estudo nas fachadas Este, Oeste e Norte, sendo esta última desprezável devido ao sol nunca lá incidir.



Figura 1 - Vista aérea do terreno

2.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

2.2.1 Descrição geral

A moradia é constituída por betão armado com vigas e pilares normais com 1-2% em ferro e com lajes aligeiradas com abobadilha. O tijolo utilizado na construção das paredes é furado de 11cm, duplo com caixa-de-ar se a parede tiver contacto com exterior e simples se for interior.

Interiormente foi usado reboco e uma fina camada de estuque excepto nas cozinhas e casas de banho onde existe azulejo até ao tecto.

2.2.2 Paredes

Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se as constituições das paredes exteriores e interiores.

Tabela 1 – Constituição Parede Exterior

Constituição	Comprimento [m]
<i>Reboco Exterior</i>	0,03
<i>Tijolo</i>	0,11
<i>Caixa-de-Ar</i>	0,02
<i>Tijolo</i>	0,11
<i>Reboco Interior</i>	0,05
<i>Azulejo¹</i>	0,005

Tabela 2 – Constituição parede interior

Constituição	Comprimento [m]
<i>Reboco Interior</i>	0,0025
<i>Tijolo</i>	0,11
<i>Reboco Interior</i>	0,025

¹ No caso das instalações sanitárias, as restantes estão rematadas apenas com estuque de espessura mínima.

2.2.3 Pavimentos e tectos

A moradia tem o mesmo tipo de laje aligeirada na divisão entre todos os pisos em abobadilha com a seguinte constituição:

Tabela 3 - Constituição Pavimentos e Tectos

Constituição	Comprimento [m]
<i>Reboco Interior</i>	0,002
<i>Estrutura Resistente</i>	0,012
<i>Betonilha de Regularização</i>	0,0065
<i>Azulejo/Madeira</i>	0,01 ²

2.2.4 Cobertura

A cobertura, de duas águas, é inclinada, composta por telha de betão revestida com tratamento químico sobre laje aligeirada com abobadilha sem isolamento e revestimento interior.

O desvão é ventilado, não habitado, com uma altura no ponto médio de 2 metros, que vai diminuindo ao longo do comprimento das fachadas Norte e Sul até à cota zero. A esteira é em laje aligeirada com o mesmo tipo de abobadilha referida anteriormente para a divisão dos pisos.

2.2.5 Pilares e vigas

A construção possui pilares e vigas com 32 centímetros de espessura com betão armado de inertes com 1-2% de aço sem isolamento térmico, revestidos com reboco interior.

2.2.6 Caixas de estore

As caixas de estore presentes em toda a moradia são em betão com reboco interior e exterior e sem qualquer tipo de isolamento.

² No caso das cozinhas e instalações sanitárias o azulejo tem 0,005m.

2.2.7 Portas

As portas em contacto com o exterior possuem caixilharia de alumínio, sem corte térmico, com cerca de 5 centímetros. São compostas por uma folha trabalhada de alumínio na parte inferior e pequenos vidros na parte superior.

As portas que dividem a parte da escadaria, não útil, para o respectivo andar são de madeira maciça de carvalho com 3 centímetros de espessura.

Nas divisões interiores da FA existem portas com uma espessura de 3,5 centímetros de folha de mogno, com enchimento em colmeia.

2.2.8 Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados da FA são de vidro simples, incolor, com 6 milímetros de espessura e com uma moldura de alumínio de cor castanha, sem corte térmico, e com quadrícula, excepto os das IS que são martelados.

2.3. DESCRIÇÃO DOS PISOS

Na tabela seguinte apresentam-se os dados relativos ao pé direito nos vários pisos da moradia. Existem escadas que fazem a ligação entre os três pisos, que é considerado espaço não útil uma vez que em cada entrada existe uma porta que delimita o espaço.

Tabela 4 - Pé Direito

Pisos	Pé Direito [m]
<i>Garagem</i>	2,30
<i>Rés-do-Chão</i>	2,60
<i>1º Piso</i>	2,60
<i>Sótão</i>	2,00 ³

³ Valor máximo, decrescendo até às fachadas Este e Oeste.

2.3.1. Primeiro piso

O primeiro piso da moradia consiste num T3 tradicional com cozinha, sala, três quartos, duas instalações sanitárias, dispensa, um anexo para arrumos (com escada para sótão) e átrio. Este piso encontra-se compartimentado como se pode observar na planta em anexo.

Este piso já possui a tubagem do sistema de aquecimento central com aplicação de unidades terminais de dissipação natural nunca utilizadas.

Seguem-se as características dimensionais dos diferentes compartimentos deste piso juntamente com o elo físico delimitador do espaço interior com exterior, os vãos envidraçados.

Tabela 5 - Compartimentos 1º Piso

Compartimento	Área Útil [m ²]	Volume [m ³]	Área Total Envidraçados [m ²]
Quarto 1	17,73	46,10	2,12
Quarto 2	13,48	35,05	1,83
Quarto 3	13,48	35,05	1,83
I.S. 1	3,69	9,59	0,68
I.S. 2	5,13	13,34	0,68
Átrio 1	5,00	13,00	-
Átrio 2	8,10	21,06	-
Sala	34,18	88,87	6,04 ⁴
Cozinha	26,83	69,76	5,12 ⁵
Dispensa	2,67	6,94	-
Arrumos	2,27	5,90	-

- Cozinha: Possui duas paredes em contacto com o exterior, uma delas está orientada a Sul e não tem envidraçados, a outra está orientada a Oeste e tem dois envidraçados

⁴ 2,12+3,92

⁵ 1,83+3,29

com vidro simples, sendo esta que dá acesso a uma varanda com cobertura aberta para o exterior.

- Sala: duas paredes em contacto com o exterior uma, orientada a Sul, sem envidraçados e outra, orientada a Este, com dois envidraçados com vidro simples (vidro especial com molduras de pequenos vidros). Esta parede dá acesso a uma varanda com cobertura aberta ao exterior.
- Quarto 1: duas paredes em contacto com o exterior, uma orientada a Norte, outra orientada a Este com dois envidraçados e ainda uma parte de uma parede orientada para Sul (1m). Dentro desta divisão há uma instalação sanitária delimitada com a composição da parede interior (IS1).
- Quarto 2: uma parede orientada a Norte e outra orientada a Oeste com um envidraçado.
- Quarto 3: uma parede orientada a Oeste com um envidraçado.
- Instalação Sanitária 1: apenas com uma parede em contacto com o exterior, orientada a Norte, com um envidraçado.
- Instalação Sanitária 2: uma parede em contacto com o exterior, orientada a Norte, com um envidraçado.
- Átrio 1: estabelece contacto com espaço não útil (escadas de acesso ao piso), contacto com espaços interiores: arrumos, cozinha, átrio 2 e sala.
- Átrio 2: em contacto com átrio 2, dispensa, quartos e instalações sanitárias.

2.3.2. Rés-do-chão

O piso térreo, ou r/c, irá tomar a forma de um T2 com as dimensões iguais ao primeiro piso, com um quarto e um escritório (junção do quarto dois e três). É neste piso que existe a porta principal da moradia (comum) que se situa na fachada Este e dá directamente acesso a toda a escadaria. Este piso tem a particularidade de ainda não estar dividido, ou seja, ainda se encontra em estado bruto, com as colunas, vigas e tijolos sem acabamento assim como o tecto e o chão que também se encontram inacabados.

O escritório consiste na junção do quarto dois e três da morfologia usada no primeiro piso ficando assim com uma área total de 26,66m² com dois envidraçados na parede Oeste.

Tabela 6 - Compartimentos r/ch

Compartimento	Área Útil [m ²]	Volume [m ³]	Área Total Envidraçados [m ²]
Quarto	17,73	46,10	2,12
Escritório	26,96	70,1	3,66
I.S. 1	3,69	9,59	0,68
I.S. 2	5,13	13,34	0,68
Átrio 1	5,00	13,00	-
Átrio 2	8,10	21,06	-
Sala	34,18	88,87	6,04 ⁶
Cozinha	26,83	69,76	5,12 ⁷
Dispensa	2,67	6,94	-
Arrumos	2,27	5,90	-

2.3.3. Garagem e sótão

A garagem é um espaço com poucas divisórias que é utilizado para arrumação e como adega. Para uma adega exige-se a manutenção de baixas temperaturas. Este piso é fresco no Verão e mais quente no Inverno uma vez que tem três pisos por cima, possui poucos envidraçados e a parede Este está em contacto com o solo devido ao declive do terreno. Como se trata de um espaço não útil não é necessário incluí-lo no dimensionamento. Durante o projecto este espaço será utilizado para instalar os equipamentos de grande porte, nomeadamente a caldeira, o esquentador, os acumuladores e todo o grupo de circulação.

Por fim, o sótão, também é considerado espaço não útil, com um pé direito de 2 metros no ponto médio, decrescendo ao longo do comprimento do andar até à cota do mesmo. As águas estão orientadas a Oeste e Este

Ao invés da garagem, o sótão sofre uma grande amplitude térmica em virtude do reduzido isolamento. Existem apenas as vigas com abobadilha e a telha assente por cima, nem há remate

⁶ 2,12+3,92

⁷ 1,83+3,29

interior e a telha em uso é de cimento com tratamento químico encontrando-se bastante degradada devido à falta de manutenção. O isolamento deste espaço é de extrema importância uma vez que é o primeiro a entrar em contacto com a radiação quando esta é mais intensa nomeadamente no Verão entre as 12 e as 16h e, como tal, será objecto de atenção neste projecto.

2.4. SISTEMAS TÉRMICOS EXISTENTES

2.4.1. Aquecimento e arrefecimento

O edifício possui uma pré-instalação com alguns radiadores para aquecimento central com tubagem de aço galvanizado no 1º piso mas nunca entrou em funcionamento, não possui outros sistemas de aquecimento ou de arrefecimento em funcionamento com vista à obtenção de conforto térmico.

2.4.2. Preparação de AQS

Na preparação das águas quentes sanitárias utilizam-se dois esquentadores de 14 litros, um que serve o r/c, onde habitarão duas pessoas e outro serve o 1º piso onde habitam as três restantes, este sistema tem cerca de 15 anos e a tubagem é de ferro galvanizado com cerca de 25 anos.

2.4.3. Sistema solar térmico

A moradia tem instalado um sistema solar térmico com dois colectores solares que servia de apoio a uma caldeira de 100 litros, apoiada com resistências eléctricas, que se apresenta na figura 2. No entanto, após a estrutura dos painéis ter cedido e um dos colectores ter o vidro quebrado, figura 3, o sistema foi posto de lado e equipou-se a fracção com os esquentadores acima referidos.



Figura 2 - Caldeira actual



Figura 3 - Colectores solares actuais

2.4.4. Ventilação

O edifício não possui quaisquer tipos de dispositivos de ventilação natural.

A ventilação mecânica contempla apenas dois ventiladores de extracção na cozinha cujo funcionamento é comandado localmente pelo utilizador. Para efeitos de renovação do ar e como movimentam baixos caudais, funcionando apenas quando se confeccionam alimentos, a sua existência será desprezada.

3. Classe energética

O projecto destina-se principalmente à remodelação da habitação e à implementação de novos sistemas mas, de modo a salientar a evolução da habitação em termos de eficiência energética, é relevante analisar o desempenho da habitação antes e depois de inseridas as melhorias.

Para a realização deste cálculo existem as folhas de cálculo disponibilizadas pelo ITE Cons que permitem obter a classificação energética segundo a legislação mais recente, nomeadamente o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH - Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto).

Segue-se então uma breve descrição dos campos relevantes ao cálculo do desempenho. Tabelas mais pormenorizadas estão disponíveis em anexo no final do projecto.

3.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA FA

Inicialmente é necessário enquadrar geograficamente a FA, que neste caso está situada no município de Coimbra, na periferia de uma zona urbana. Tem uma área de pavimento útil total (r/ch e 1º piso) de 293,16 m².



Figura 4 - Alçado principal

Não existem quaisquer sistemas de aquecimento/arrefecimento ambiente, existe apenas um sistema para produção de AQS, com base em dois esquentadores, um para cada piso.

A contribuição das energias renováveis, apesar de existir um sistema instalado, é nula devido à quebra já referida de um dos colectores e à anulação do funcionamento do mesmo.

3.2. ENVOLVENTE EXTERIOR

3.2.1. Paredes exteriores

A aplicação de uma boa envolvente exterior é essencial e representa um campo onde actualmente vale a pena investir numa habitação. Como se trata de uma construção mais antiga, a parede não possui qualquer tipo de isolamento, apenas tem uma caixa-de-ar como já referido nas soluções construtivas. Nesta fase salienta-se a orientação de cada parede assim como a sua cor, pois esta terá obviamente impacto na percentagem de radiação solar reflectida. Também se torna relevante determinar o tipo de sombreamento em cada parede, havendo paredes que na maior parte do dia não têm qualquer contacto directo com a radiação solar. Todas estas condições estão presentes nas folhas de cálculo, seguindo o REH.

Nas paredes, o coeficiente global de transmissão de calor de referência/ideal é de $0,5\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, ao passo que o estimado para a parede real é de $1,1\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Logo aqui se pode ver que existe uma transferência de calor bastante elevada quando comparada com o valor padrão.

3.2.2. Vãos envidraçados

Nos vãos envidraçados a lógica é semelhante, uma maior área envidraçada expõe a FA a maior captação de radiação solar e por conseguinte a uma diminuição do desempenho energético. Com a configuração descrita nas soluções construtivas e segundo dados do LNEC, o valor do coeficiente global de transmissão de calor é de $6,5\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, sendo o valor de referência de $2,9\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Também por aqui se percebe que os envidraçados são um ponto delicado da habitação e é de todo conveniente o estudo de uma nova solução, tanto ao nível da configuração do vidro propriamente dito, como também da caixilharia.

3.2.3. Pontes térmicas lineares

As pontes térmicas lineares (PTL) consistem nas zonas de ligação entre os elementos da envolvente exterior e são definidas por unidade de comprimento. Este tipo de ligação tem implicações que podem atingir valores consideráveis devido à falta de isolamento. Na figura seguinte, Figura 5, apresenta-se um exemplo de isolamento de um pilar, uma solução que é adoptada actualmente e que não está presente na habitação em estudo.

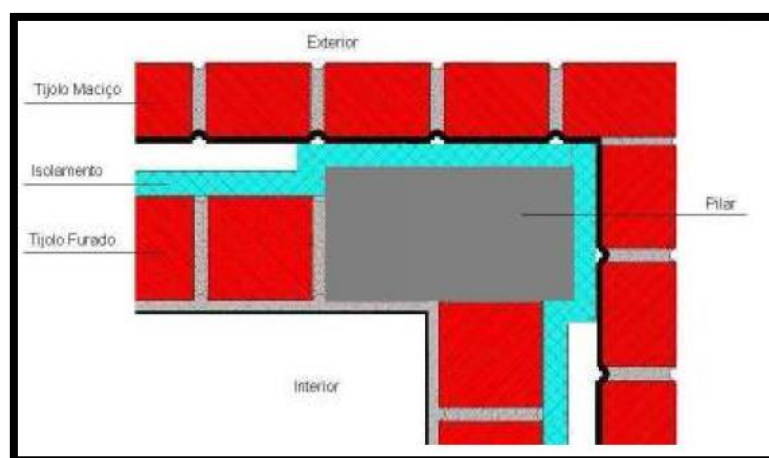


Figura 5 – Pilar com isolamento

As PTL estão descritas na tabela simplificada seguidamente apresentada, onde surge o comprimento total de cada ponte e também os valores de Ψ , calculado e de referência.

Tabela 7 - PTL

Tipo de Ligação entre Elementos	Comp. B [m]	Ψ [W/m ² •°C]	Ψ_{ref} [W/m ² •°C]
Fachada com pavimento intermédio	31,48	0,7	0,5
Fachada com varanda	13,48	0,7	0,5
Fachada com cobertura	44,83	0,7	0,5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	15,60	0,5	0,4
Fachada com caixilharia	56,20	0,3	0,2
Zona da caixa de estores	30,05	0,3	0,2

3.2.4. Contacto com o solo

Em contacto com o solo a moradia tem o pavimento da garagem, no entanto como é um espaço não habitável, é considerado não útil, ou seja, os ganhos/perdas por esta envolvente serão desprezados.

Na figura seguinte representa-se o desnível do terreno, sendo possível através da representação do alçado Norte verificar o pé direito total da moradia.



Figura 6 - Alçado Norte e Oeste

3.3. ENVOLVENTE INTERIOR

A definição da envolvente interior também não pode ser desprezada, entendendo-se esta definição como a fronteira entre o espaço habitável a climatizar e os espaços também interiores mais não habitáveis como por exemplo garagem, sótão, etc... Seguem-se os espaços não-úteis presentes no edifício:

Tabela 8 - Espaços Não-Úteis

Espaço não-útil	Área [m²]	Volume [m³]
Cozinha-Garagem	29,43	67,69
Arrumos-Garagem	4,20	9,66
I.S.-Garagem	3,69	8,49
Garagem	172,77	463,97 ⁸
Sótão	160,74	107,16

3.3.1. Paredes

As paredes interiores em contacto com os espaços não-úteis são somente aquelas que fazem fronteira com a escadaria que, por sua vez, pertence ao espaço não-útil da garagem.

⁸ O volume calculado abrange o volume da escadaria

Tabela 9 - Paredes Interiores

Paredes Interiores	Espaço não-útil	Área [m ²]	U [W/m ² •°C]	U _{ref} [W/m ² •°C]
Escadaria	Garagem	45,40	1,30	0,50

3.3.2. Pavimentos

Nos pavimentos apenas se considera o do r/ch, pois é o único que está em contacto com um espaço não-útil, já que o do 1º piso está em contacto com o r/ch que é um espaço de habitação. Resta então apenas o contacto do pavimento do r/ch com as diferentes divisões da garagem.

Tabela 10 - Pavimento Interior

Pavimento Interior	Espaço não-útil	Área [m ²]	U [W/m ² •°C]	U _{ref} [W/m ² •°C]
Pavimento rés-do-chão	Cozinha-Garagem	29,58	2,20	0,40
	Arrumos-Garagem	4,20	2,20	0,40
	I.S.-Garagem	3,69	2,20	0,40
	Garagem	172,38	2,20	0,40

3.3.3. Coberturas

No capítulo das coberturas interiores o tecto do 1º piso está em contacto com o sótão definido como espaço não-útil e em contacto com o exterior. As características estão definidas na seguinte tabela:

Tabela 11 - Coberturas Interiores

Coberturas Interiores	Espaço não-útil	Área [m ²]	U _{ascendente} [W/m ² •°C]	Cor	U _{descendente} [W/m ² •°C]	U _{ref} [W/m ² •°C]
Teto-Piso 1	Sótão	160,74	1,00	Escura	1,00	0,40

3.4. CLASSE ENERGÉTICA

Na Tabela 12 apresentam-se alguns resultados obtidos, com vista à determinação da classe energética do edifício, após a introdução de todos os dados nas folhas de cálculo.

Tabela 12 - Indicadores Energéticos

	Indicadores Energéticos	Valor de Cálculo	Valor de Referência
N_{ic}	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh/(m ² .ano))	162,8	54,5
N_{vc}	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh/(m ² .ano))	3,60	9,2
Q_a	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2972	2972
E_{ren}	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	-
N_{tc}	Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_{tc} (kWh _{EP} /(m ² .ano))	426,22	157,59

Tabela 13 - Energia Global

Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	407,10	136,34
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
	Q_a/A_p (kWh/m ² .ano)	11,21	11,21
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	19,12	13,03
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	0	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	426,22	157,59
Classe Energética	N_{tc}/N_t	2,70	F

Tabela 14 - Classes Energética

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,00 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Por fim, e de acordo com a Tabela 14, retirada do REH e referente à definição das classes energéticas, chega-se à conclusão que a habitação em estudo se insere na classe energética de F. O valor obtido revela uma classificação muito débil, de acordo com os padrões actuais de desempenho, e daí pretender-se com a realização deste projecto contribuir para o melhoramento deste indicador e, consequentemente, acrescentar conforto térmico e bem-estar aos ocupantes da habitação.

4. Sistema solar térmico

O dimensionamento deste sistema, assim como o restante projecto, visa seguir um conjunto de normas provenientes do REH e vai ser auxiliado pelo software Solterm que é aceite por lei para este tipo de projecto.

4.1. REH

Este regulamento visa estabelecer requisitos de qualidade para os edifícios, actuando em diversos níveis, entre os quais se destacam: o tipo de sistemas de aquecimento/arrefecimento; a ventilação; as características da envolvente; os consumos energéticos e a produção de AQS.

Muitas das normas aqui aplicadas transitaram do antigo regulamento (RCCTE), de 2006, que acrescentam tudo que é necessário para elaborar este projecto.

4.2. CÁLCULOS SOLTERM

O Solterm é um programa usado para simular as condições de um sistema, ao longo do seu tempo de vida, apresentando os balanços energéticos e económicos para a situação de projecto seleccionada. O programa contém informações técnicas e climáticas de Portugal e os seus cálculos são baseados por um regulamento no contexto do SCE.

4.2.1. Consumos de água

Como previsto no REH, para edifícios de habitação o consumo de água médio diário de referência é calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh}$$

Em que n corresponde ao número convencional de ocupantes da fracção mais um. A tipologia em estudo é um T4, a que corresponde a um n de 5.

O parâmetro f_{eh} representa o factor de eficiência hídrica, que toma o valor de 1, excepto quando os chuveiros ou sistemas de duche têm certificação e rotulagem de eficiência hídrica

reconhecida pelo sector das instalações prediais, nesse caso particular este factor toma o valor de 0,9. Como todos os sistemas de duche associados a este projecto não possuem nenhum tipo de certificação, serão considerados com um $f_{eh} = 1$.

Substituindo os valores na expressão obtém-se para o consumo de água total da fracção 200 litros.

4.2.2. Depósito de inércia

A partir do valor do consumo de água da fracção obtém-se a capacidade de armazenamento do depósito de inércia, factor que irá influenciar o cálculo dinâmico do programa Solterm. Tal como proposto no diagrama de princípio, em anexo, este acumulador será constituído por uma serpentina interna, onde se efectua a permuta entre a mistura água-glicol do circuito solar com a água de consumo. Aquela mistura deverá ter uma percentagem de glicol entre os 20% e os 30% de modo a evitar o congelamento do fluido. A escolha do material da tubagem também é da máxima importância. O material mais usual é o cobre visto que exhibe uma elevada resistência à corrosão e pela sua maleabilidade e ductilidade facilita o seu manuseamento.

A figura seguinte demonstra uma possibilidade para o depósito de acumulação, tratando-se neste caso do modelo S Solar 200ZB da Vulcano.



Figura 7 - Depósito S Solar 200 ZB

De modo a prevenir a legionella, o controlador de temperatura deverá estar programado para que o circuito faça um pico semanal de temperatura da água acima dos 70°C, garantindo assim o não aparecimento desta bactéria perigosa.

4.2.3. Colectores solares

O cálculo do tipo e número de coletores solares é um dos resultados das análises efectuadas pelo programa Solterm. O próprio software já contém os elementos característicos de cada localidade no âmbito da temperatura ambiente e da irradiação solar.

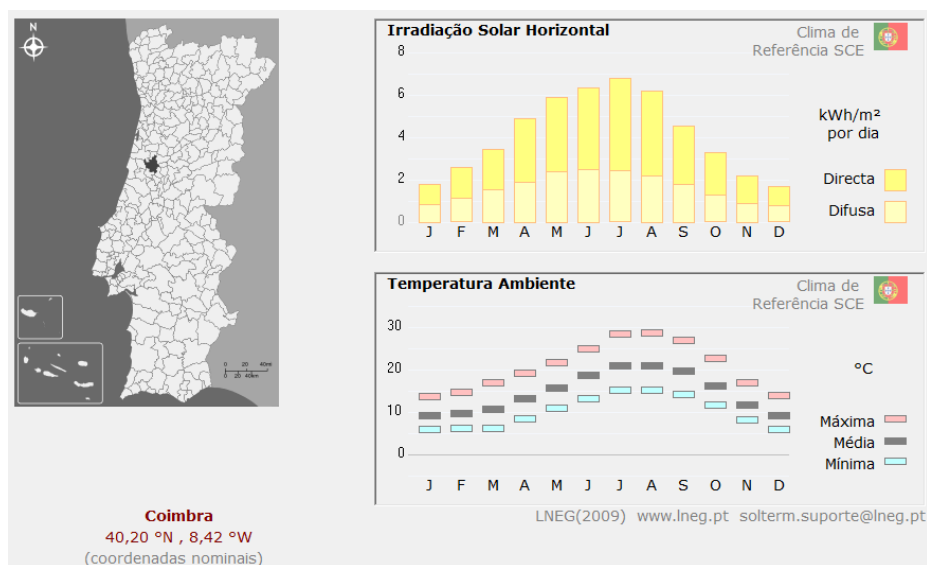


Figura 8 – Características climáticas Coimbra

Numa primeira fase é necessário aplicar o conceito de colector padrão que, através de simulações do Solterm, vai calcular valores de referência que serão posteriormente comparados com os valores do colector comercial escolhido e assim garantir as necessidades de AQS.

O colector padrão tem as seguintes características:

- Rendimento óptico: 69%
- Coeficientes de perdas térmicas $a_1 = 7,500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $a_2 = 0,014 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$
- Área de cobertura: 1 m^2

Com estas características podemos iniciar a primeira simulação que tem a seguinte configuração:

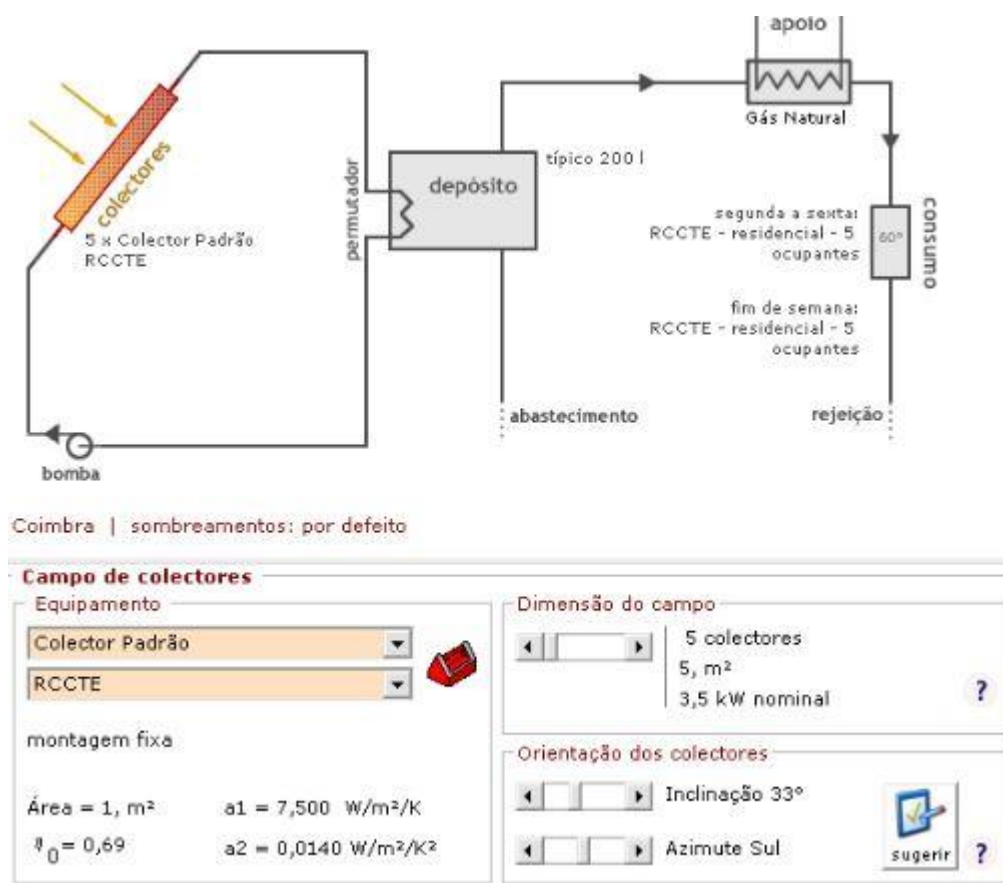


Figura 9 – Esquema com Colector Padrão

Definem-se cinco colectores padrão que correspondente a cada ocupante, dando assim uma área de 5m². A inclinação do colector é dada automaticamente pelo Solterm e é obtida consoante a localização escolhida, neste caso é de 33°.

Com estes dados pode-se proceder à análise energética do sistema, chegando-se aos seguintes resultados:

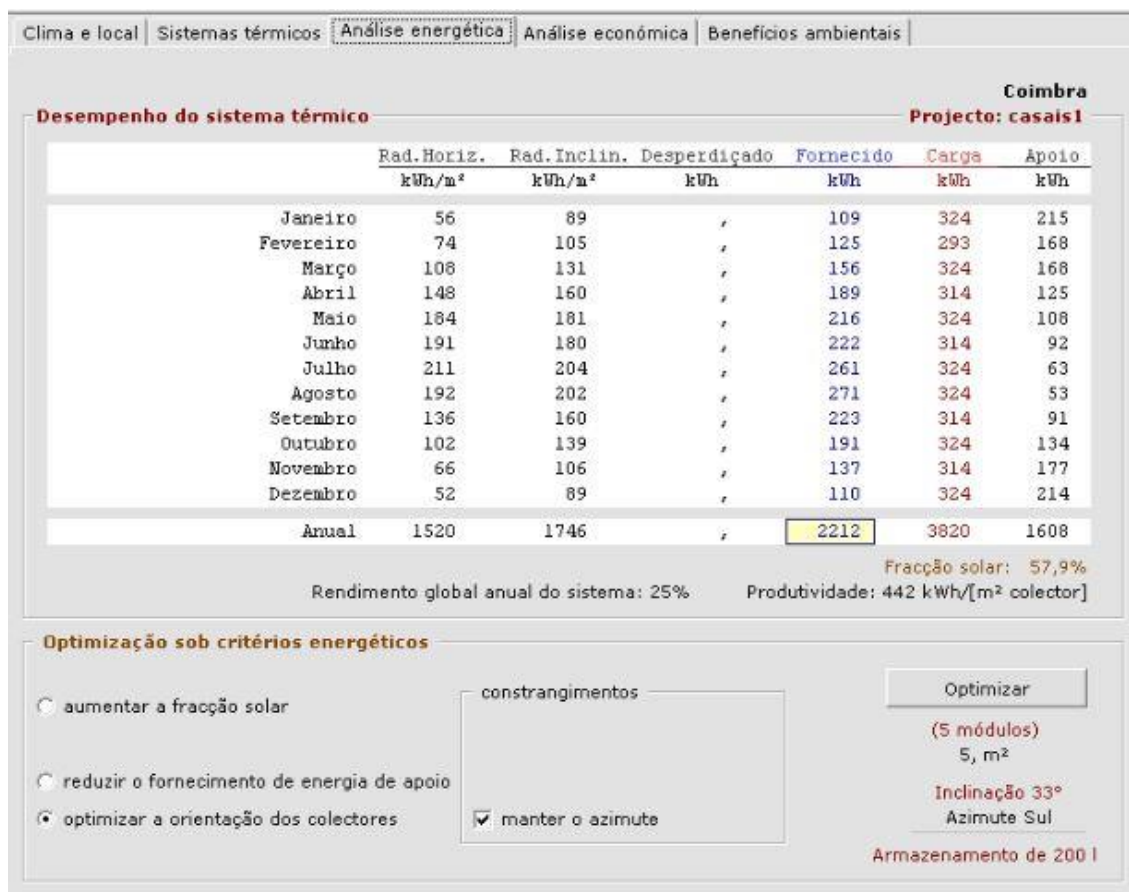


Figura 10 - Valores de Desempenho do Sistema Térmico Padrão

Com a implementação deste sistema de cinco colectores padrão seriam produzidos cerca de 2212 kWh. É este o valor mínimo que se tem que superar numa outra análise com colectores disponíveis no mercado. Ambas as análises estão disponíveis em anexo.

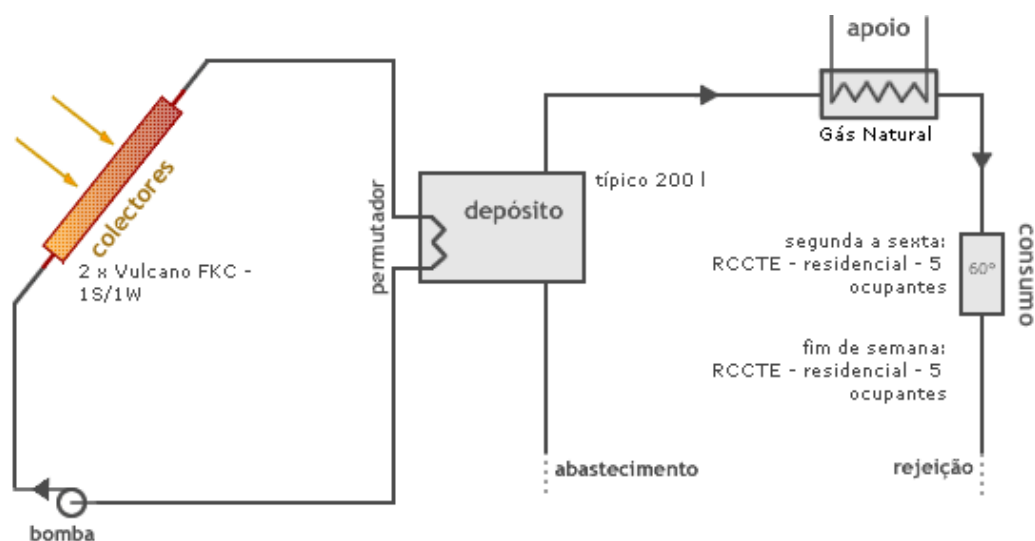
O valor acima referido corresponde àquilo que se chama de E_{solar} que não é mais que a energia fornecida pelo sistema térmico, neste caso temos o valor de 2212kWh. Para o dimensionamento do sistema real temos que garantir a seguinte condição.

$$E_{\text{solar padrão}} \leq E_{\text{solar comercial}}$$

Tratando-se de uma aplicação anual, os colectores indicados para essa opção são os colectores planos com cobertura. Sendo assim, a escolha recaiu sobre um dos modelos disponíveis no Solterm, para este caso sugere-se o modelo FKC – 1S/1W, da marca Vulcano, cujas principais características são as seguintes:

- Rendimento óptico: 77%
- Coeficientes de perdas térmicas $a_1 = 3,681 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $a_2 = 0,017 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$
- Área de cobertura: $2,26 \text{ m}^2$

Com as novas características do colector e mantendo constantes as restantes variáveis faz-se a primeira simulação com o seguinte esquema:



Coimbra | sombreamentos: por defeito



- Campo de colectores

Equipamento

Vulcano

FKC - 1S/1W

montagem fixa

Área = $2,26 \text{ m}^2$ $a_1 = 3,681 \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}$

$\eta_0 = 0,77$ $a_2 = 0,0173 \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}^2$

Dimensão do campo

2 colectores

$4,5 \text{ m}^2$

$3,2 \text{ kW nominal}$

Orientação dos colectores

Inclinação 33°

Azimute Sul

sugerir

Figura 11 – Esquema com Colector Real

O procedimento de cálculo é de todo semelhante chegando aos valores seguidamente apresentados:

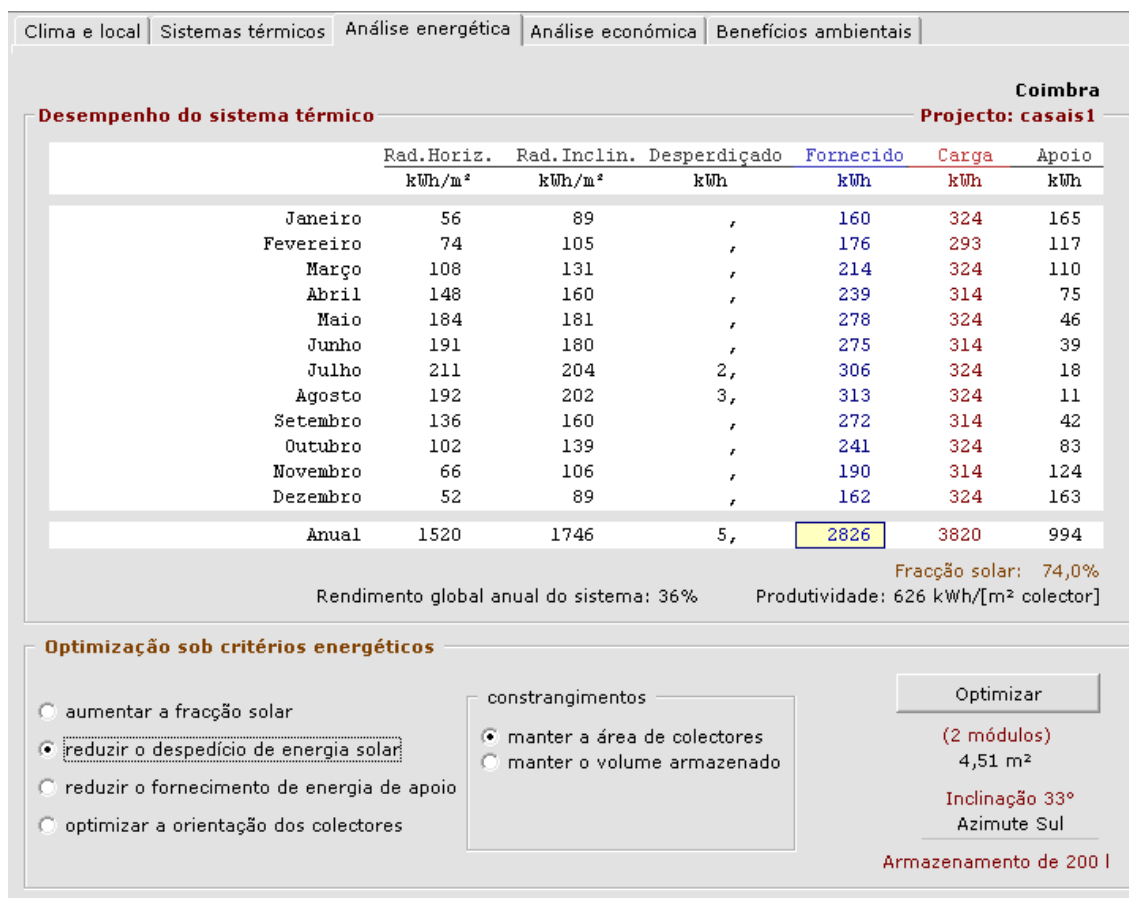


Figura 12 – Valores de Desempenho do Sistema Real

O valor do Esolar nesta simulação está nos 2826 kWh e assim a condição torna-se verdadeira, tornando a escolha deste sistema possível com os dois colectores.

Na tabela acima referida pode-se constatar que existe algum desperdício nos meses de Julho e Agosto, desperdício que se fica a dever naturalmente ao excesso de radiação solar nesses meses e também porque nesses meses a água quente é com certeza menos requisitada. Este desperdício podia não existir, contudo, o sistema também não podia dar mais energia que satisfizesse as necessidades de AQS pois se apenas fosse usado um colector o valor do Esolar viria reduzido a metade.

4.2.4. Grupo AGS

Para se proceder ao dimensionamento deste componente, assumiram-se valores descritos na tabela que se segue:

Tabela 15 - Dados Dimensionamento AQS

Caudal [l/h]	50
Perda de Carga [m.c.a.]	2,09



Figura 13 - Ábaco de Escolha do AGS

O ábaco acima utilizado foi disponibilizado pela Vulcano para a selecção deste equipamento. Trata-se de uma instalação apenas com dois colectores e com poucas perdas de carga e daí o uso do AGS 5 ser pertinente.

Este sistema incorpora todos os elementos necessários ao circuito primário de captação solar: bomba, torneiras de corte, termómetros, válvula anti-retorno, caudalímetro, válvula de segurança e ligação de saída para o vaso de expansão



Figura 14 - Grupo AGS 5

4.2.5. Vaso de expansão solar

Este dispositivo é indispensável para que se possa garantir a segurança do sistema no que diz respeito às dilatações que se fazem notar com o aumento da temperatura da água.

Tabela 16 - Dados Vaso de Expansão

<i>Desnível [m.c.a.]</i>	7,50
<i>Volume Colectores [l]</i>	2,86
<i>Volume Instalação [l]</i>	8,26
<i>Pressão Válvula. Segurança [bar]</i>	6
<i>Ξ [%]</i>	1,71
<i>Volume Expansão [l]</i>	5,85
<i>Volume Vaso de Expansão [l]</i>	13,10

O vaso de expansão seleccionado terá que ter no mínimo 13,10 litros e a escolha deste equipamento recai no modelo 555018 da Caleffi ou equivalente, possuindo uma capacidade

de 18 litros. A função deste equipamento é absorver as dilatações do fluido térmico quando aquece, ou seja, absorver os aumentos de volume produzidos por essa mesma dilatação, atenuando a sobrepressão causada.



Figura 15 - Vaso Expansão Callefi

4.2.6. Energia de apoio

A energia de apoio é fundamental principalmente nos meses de Inverno onde a contribuição da radiação solar é menor. Este apoio será efectuado por um esquentador estanque de 18 litros, apresentando-se na Figura 16 um exemplo possível daquele tipo de dispositivo. Com este tipo de aparelho garante-se que apenas se consome a quantidade de gás estritamente necessária para atingir a temperatura pré-definida. A inclusão de uma válvula termostática é essencial para o controlo da temperatura misturando, quando necessário, água fria e prevenindo, assim, a eventualidade de queimaduras no utilizador.



Figura 16 - Esquentador Estanque

5. Sistemas de aquecimento

Para satisfazer as necessidades de aquecimento ambiente da habitação em estudo, foram previstos dois tipos de sistemas: o sistema de aquecimento central, por radiadores, e o sistema de piso radiante. Funcionando os dois sistemas a baixa temperatura, que pode variar dos 45°C aos 60°C, optou-se por aglomera-los no mesmo sistema, tal como apresentado no diagrama de princípio em anexo.

5.1. SISTEMA DE AQUECIMENTO CENTRAL

Quando o projecto da moradia foi elaborado apenas o primeiro piso foi dividido e com este foi aplicada a instalação das tubagens e radiadores para um posterior uso de aquecimento central, tal nunca veio acontecer. Este sistema será dimensionado a par do aquecimento por piso radiante. Ambos usarão como fonte de aquecimento uma caldeira a gás natural.

A grande vantagem na escolha deste tipo de aquecimento, uma vez que não necessário abrir paredes para a implementação de uma nova tubagem, é o facto de não se ter que investir desde já. Assim pôs-se de parte o sistema de aquecimento por piso radiante que apesar de distribuir melhor o calor pelas várias divisões iria necessitar de um maior investimento pois havia a necessidade de partir chão para implementar as tubagens.

5.1.1. Tubagem

As tubagens instaladas são de aço galvanizado com um diâmetro de 22 mm. Estas encontram-se vedadas há muitos anos e como tal podem criar alguns problemas quando submetidas a pressões e temperaturas mais elevadas e, por isso, aquando da instalação é necessário submetê-la a testes para prevenir problemas no futuro.

A instalação já existente tem ligações em todos os quartos e na sala. Os quartos dois e três têm prevista uma unidade terminal de quatro elementos, o quarto um tem prevista uma unidade terminal de seis elementos e a sala tem prevista uma unidade terminal de oito elementos. Nesta altura vai admitir-se que o projecto inicial já contemplou todas as necessidades adotando-se, portanto, as tubagens e os radiadores existentes.

5.1.2. Bomba circuladora

Para o dimensionamento da bomba de circulação é necessário conhecer o valor do caudal em circulação no sistema e o valor das perdas de carga existentes na instalação, no troço mais desfavorável. Considera-se como mais desfavorável o troço do radiador da sala devido ao maior número de elementos no radiador, uma vez que os traçados das tubagens das outras divisões são, em tudo, idênticos.

Os valores abaixo apresentados têm como base o caudal da instalação e também da perda de carga introduzida pelos acessórios e pelo comprimento da tubagem

Tabela 17 – Dados da Instalação

Caudal [l/h]	972
Perda de Carga Circuito [m.c.a.]	1,3

Com ajuda do software da Grundfos WebCAPS é possível selecionar uma bomba especialmente vocacionada para sistemas de aquecimento. Com os dados apresentados na Tabela 17, o programa recomenda a bomba Grundfos ALPHA2 L 25-50 130.



Figura 17 - Bomba Circuladora Grundfos

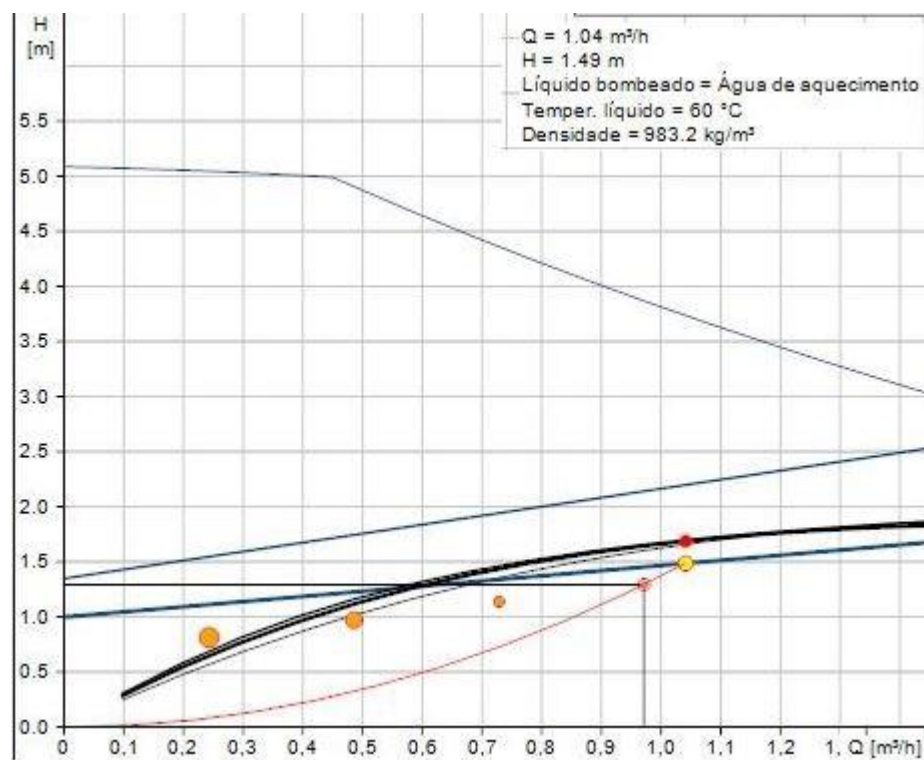


Figura 18 – Curva característica da bomba

Na figura 18 encontra-se representado a curva da bomba selecionada juntamente com a curva da instalação, obtendo-se assim um ponto de funcionamento com uma valor de caudal de $1,04 \text{ m}^3/\text{h}$ e uma altura manométrica de $1,49 \text{ m}$.

5.2. SISTEMA PISO RADIANTE

O piso radiante foi o sistema de aquecimento ambiente escolhido para o r/c. O principal motivo desta escolha foi o facto do piso deste andar ainda se encontrar em estado bruto, logo a aplicação da tubagem é mais fácil e económica. Existem ainda outras vantagens na escolha deste sistema, tais como:

- Não ocupa espaço
- Evita circulação de poeiras devido à baixa temperatura
- Melhor distribuição do calor
- Maior segurança (queimaduras)
- Não causa desfeitos estéticos

Podia ter-se optado por estender o sistema já existente no piso superior, uma vez que as paredes não estão ainda acabadas, facilitando a implementação das tubagens. No entanto, o sistema de aquecimento por piso radiante possui vantagens relativamente ao tradicional aquecimento central por radiadores, podendo resultar mais económico e proporcionando com certeza mais conforto aos utilizadores.

5.2.1. Tubagem

Em relação à tubagem a utilizar neste circuito os fabricantes recomendam a utilização de um circuito independente para cada divisão. No circuito de cada divisão existirá um termostato que permita o controlo da temperatura imposta pelo utilizador. Será também necessária a instalação de um colector, local onde reúnem todas as tubagens e onde chega a informação das necessidades térmicas. Este colector deve ficar num espaço central da habitação, neste caso o lugar mais conveniente é no átrio 2.

As divisões a aquecer são o quarto, escritório, cozinha e as IS. Desde já é necessário calcular o comprimento das tubagens para cada divisão de modo a calcular as perdas de carga, para tal utiliza-se a seguinte fórmula:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

Em que:

A – área a aquecer coberta pelo circuito [m²]

e – espaço entre tubos [m]

l – distância entre área a aquecer e o colector [m]

Substituindo na equação com os valores devidos chega-se aos seguintes resultados:

Tabela 18 - Comprimento Tubagem Piso Radiante

Compartimento	Área [m ²]	e [m]	l [m]	L [m]
Quarto	17,73	0,2	3	94,65
Escritório	26,96	0,2	4	142,8
I.S. 1	3,69	0,2	3,5	25,45
I.S. 2	5,13	0,2	3,5	32,65
Sala	34,18	0,2	3	176,9
Cozinha	26,83	0,2	1,5	137,15

Quanto ao tipo de traçado da tubagem, um dos melhores é o método de espiral como demonstra a figura seguinte. Nesta configuração, os tubos de ida e de retorno são sempre adjacentes e, além disso, os tubos mais quentes estão sempre próximos dos mais frios. Este traçado assegura uma melhor homogeneização da emissão térmica. Esta configuração em espiral é recomendada para locais a aquecer que tenham uma forma geométrica simples e tem como vantagem o facto de as curvas serem menos pronunciadas o que facilita a sua instalação.

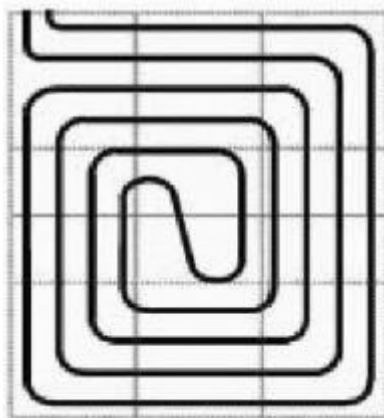


Figura 19 – Traçado em Espiral

5.2.2. Bomba circuladora

O dimensionamento da bomba circuladora para o sistema de piso radiante segue um processo análogo ao utilizado no aquecimento central por radiadores. Os dados para este dimensionamento encontram-se presentes na tabela abaixo.

Tabela 19 - Dados Instalação

Caudal [l/h]	554
Perda de Carga Circuito [m.c.a.]	5,29

Novamente com auxílio do software de simulação da Grunfos WebCAPS, recomenda-se uma bomba circuladora do tipo da bomba Grundfos ALPHA2 25-60 A 180. As curvas características encontram-se representadas a baixo, tendo um ponto de funcionamento com um caudal de $0,597\text{m}^3/\text{h}$ e uma altura manométrica de 6,14m.

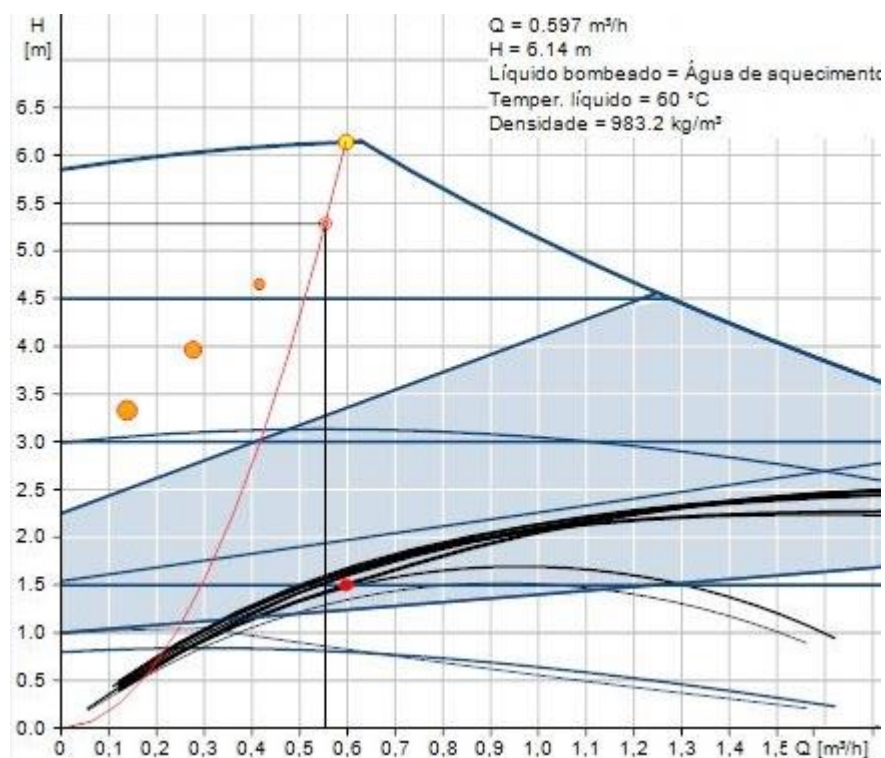


Figura 20 – Curva característica da bomba

5.3. DIMENSIONAMENTO DA FONTE DE CALOR

Para o dimensionamento da fonte de calor que irá satisfazer as necessidades de aquecimento da moradia foram tidas em conta as Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento, calculadas com base no REH.

Assim, são necessários os seguintes parâmetros de dimensionamento:

Tabela 20 - Necessidades para Aquecimento

<i>Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento [kWh/m².ano]</i>	129,20
<i>Área Total [m²]</i>	293,16

Com os dados apresentados na Tabela 20, é necessária uma caldeira com uma capacidade de aquecimento mínima de 5,44 kW.

A escolha desta fonte de calor recaiu para uma caldeira mural com uma potência mínima de 7kW, podendo chegar até aos 23,6kW. Trata-se do modelo ZW/ZS 24 KE da Vulcano.

A elevada potência desta caldeira vai permitir no futuro novas explorações/desenvolvimentos dos sistemas, caso surjam novos espaços para climatizar, nomeadamente outras hipóteses de divisões para habitação na garagem.



Figura 21 - Caldeira Mural Vulcano

5.4. DEPÓSITO DE ACUMULAÇÃO

O funcionamento partilhado dos dois sistemas acima referidos necessita de um acumulador de tripla serpentina, como se demonstra no diagrama princípio em anexo.

Usando o princípio da estratificação é possível ter maior controlo na temperatura de saída para cada sistema uma vez que o sistema por radiadores precisa de uma temperatura um pouco mais elevada. A serpentina inferior será dedicada à produção de água quente, a serpentina do meio destina-se ao sistema de aquecimento por piso radiante e a serpentina superior está reservada ao aquecimento do circuito para os radiadores.

6. Outras melhorias

Com o decorrer dos anos, como referido anteriormente, as opções tomadas no projecto inicial ficaram desactualizadas e, por isso, uma das finalidades deste projecto consiste na introdução, na medida do razoável, de algumas alterações que permitam tornar a moradia mais eficiente do ponto de vista energético. Listam-se, de seguida, algumas alterações com vista à contribuição para aquele objectivo.

6.1. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Nesta moradia todos os vãos envidraçados são de vidro simples incolor com 6 mm de espessura com uma moldura de alumínio, de cor castanha, sem corte térmico. Os vãos no alçado principal (Este) têm quadrícula, enquanto os das restantes fachadas não.

Os envidraçados são os componentes responsáveis pela passagem da radiação solar para o interior da moradia e como tal são muito importantes no que toca à obstrução dos raios solares no Verão, devendo também reter o calor do interior da habitação no Inverno. Ainda do ponto de vista do conforto, a utilização de vidro duplo contribui para a redução do nível sonoro.

A escolha recai para um vidro duplo com a seguinte constituição:

Tabela 21 - Constituição Vidro Duplo

	Espessura [mm]	Cor
Vidro Exterior	4	Reflectante Incolor
Caixa-de-ar	16	-
Vidro Interior	6	Incolor

De modo a suportar esta constituição optou-se por uma moldura em PVC ao invés do alumínio, pois é geralmente mais barata, para o mesmo U, do que uma de alumínio com corte térmico.

Segundo o LNEC um envidraçado com vidro duplo genérico com uma espessura de lâmina de ar como a referida acima e com caixilharia de plástico tem um U de 2,7 W/m.°C.

6.2. ISOLAMENTO DO SÓTÃO

A cobertura em contacto com o exterior é de extrema importância pois é o primeiro obstáculo à radiação solar e, consequentemente, ao calor transferido para o interior da divisão. Na parte interior desta cobertura temos o sótão, um espaço não útil e não ventilado. O isolamento desta divisão vai ter grande impacto, pois o pavimento do sótão estará em contacto com o 1º piso habitável. A cobertura em contacto com o exterior, como referido anteriormente, tem apenas a telha e a estrutura de suporte de abobadilha e vigotas e a superfície interior não foi rebocada interiormente.

A fraca constituição descrita tem consequências muito significativas, nomeadamente durante os valores extremos de temperaturas nas duas principais estações do ano. De modo a atenuar estes extremos propõe-se a colocação de isolamento no chão do sótão, devidamente protegido por uma camada resistente para não danificar o mesmo com a utilização do espaço.

Também é conveniente o reforço do isolamento entre a garagem e o r/ch uma vez que se trata da separação entre um espaço útil e não-útil. O material isolante deverá ser colocado no tecto da garagem. Esta melhoria será objecto de um estudo mais aprofundado, uma vez que a aplicação do EPS é dispendiosa e porque existe a possibilidade de vir a tornar o piso destinado a garagem num espaço habitável.

O isolamento escolhido é o EPS, com uma condutibilidade térmica de $0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. O efeito desta melhoria está presente no capítulo da classe energética final.

6.3. PREPARAÇÃO DE AQS

Como já referido, a preparação de AQS é feita por dois esquentadores, um para cada piso de habitação. Com os avanços tecnológicos os esquentadores implementados tendem a ser considerados como obstáculos à eficiência energética e por isso uma das soluções aplicadas e já referidas no capítulo do sistema solar é a introdução das energias renováveis para produção de AQS.

A poupança conseguida a este nível está no menor uso do gás natural, uma vez aproveitando a energia solar o esquentador apenas terá que compensar a temperatura em falta para as necessidades do utilizador.

6.4. ISOLAMENTO DA ENVOLVENTE

As melhorias propostas anteriormente implicam um investimento que será estimado mais à frente, no entanto existem sempre outros pontos que também mereciam ser melhorados apresentando-se aqui uma proposta para um estudo futuro.

As paredes em contacto com o exterior têm uma pobre constituição, isto é, apesar de terem dois panos de tijolos, apenas tem caixa-de-ar o que, pelos padrões actuais, é praticamente impensável. Hoje em dia as paredes além da caixa-de-ar têm isolamento o que lhes permite ostentar valores do coeficiente global de transmissão de calor muito baixos.

O problema da implementação deste isolamento é que seria necessário destruir um dos panos, podendo o isolamento vir a ser colocado na parte interior ou exterior. Caso se opte pela colocação do isolamento no interior existem sempre problemas com a degradação do mesmo pois, apesar de ter uma camada de gesso de modo a ficar esteticamente mais apelativo, qualquer toque mais acentuado pode ser o suficiente para marcar o isolamento.

A opção mais válida, e também já usada como solução construtiva, é a colocação do isolamento pelo exterior, no entanto esta solução também obriga a um investimento maior, pois é necessária toda uma estrutura em torno da habitação para a preparação e colocação do material isolante e o respectivo acabamento. Esta solução fará muito mais sentido quando se colocar a necessidade de pintar o exterior do edifício, aproveitando assim a estrutura de andaimes.

Outra possível melhoria seria a implementação de um isolamento das PTL como se encontra representado na figura 1. A falta de isolamento nestes lugares pode representar uma elevada perda térmica e, como tal, a implementação desta solução construtiva é cada vez mais usada nos edifícios novos.

7. Classe energética após alterações

As melhorias propostas têm um impacto significativo na habitação e isso é evidente depois do novo cálculo da classe energética da habitação.

Através das folhas de cálculo previamente utilizadas foram alterados os campos correspondentes às melhorias aplicadas. Assim sendo, passa haver uma parcela para as energias renováveis, assim como um sistema de aquecimento.

No capítulo dos vãos envidraçados temos a melhoria já referida da passagem do valor de U de $6,5\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para $2,7\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Por fim, no isolamento do sótão a melhoria com a implementação do EPS temos uma alteração do valor de $U_{\text{ascendente}}$ de $1,7\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para $0,47\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ e do valor de $U_{\text{descendente}}$ de $1,3\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para $0,44\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Com as alterações referidas a classe energética melhora significativamente. Da mesma forma que se procedeu para caracterizar a classe energética inicial chegou-se, desta vez, aos seguintes resultados.

Tabela 22 - Classe Energética

Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m ² .ano)	143,51	63,41
	Arrefecimento (kWhEP/m ² .ano)	0,00	8,22
	feh	1,00	1,00
	Qa/AP (kWh/m ² .ano)	11,21	11,21
	AQS (kWhEP/m ² .ano)	11,52	13,03
	Vent. Mecânica (kWhEP/m ² .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	2826	0
	Renovável (kWhEP/m ² .ano)	10,66	0
	Global (kWhEP/m ² .ano)	144,36	84,67
Classe Energética	Ntc/Nt	1,71	D

Como se pode verificar na tabela acima, a classe energética melhorou para o nível D. Existem muitos factores que contribuem para que não se tenha obtido um melhor nível de desempenho, nomeadamente a falta de isolamento nas paredes exteriores e nas PTL, no tecto da garagem e também um défice na percentagem de utilização das energias renováveis pois, com um maior investimento principalmente no campo de colectores solares, podia-se estender o uso deste tipo de energia ao aquecimento ambiente.

8. Estimativa de custos

Este capítulo é dos mais importantes para o utilizador pois é sobre ele que irá recair a factura do investimento necessário à implementação das melhorias. O orçamento foi construído recorrendo aos valores de mercado propostos por marcas amplamente reconhecidas.

Em primeiro lugar uma estimativa da implementação das melhorias construtivas e são elas a mudança dos vãos envidraçados e a aplicação do material isolante no pavimento do sótão.

Tabela 23 - Estimativa Soluções Construtivas

Material	Preço Unitário [€]	Quantidade	Preço Total [€]
EPS	9	161	1449
Envidraçados	80	36	2880

Da mesma forma, procede-se à avaliação de custos dos equipamentos necessários aos sistemas de aquecimento.

Tabela 24 - Estimativa Sistemas

Material	Preço Unitário [€]	Quantidade	Preço Total [€]
Colectores	640	2	1280
Depósito Inércia Solar	830	1	830

Material	Preço Unitário [€]	Quantidade	Preço Total [€]
Depósito Inércia	1450	1	1450
AGS 5	360	1	360
Vaso Expansão Solar	60	1	60
Esquentador	545	1	545
Bomba Sist. Central	249	1	249
Bomba Sist. Radiante	346	1	346
Tubagem Radiante	1,08	650	702
Caldeira Mural	700	1	700
Tubagens e Acessórios	-	-	550
Outros	-	-	175

Tabela 25 - Estimativa Mão-de-Obra

Material	Preço Unitário [€]	Quantidade	Preço Total [€]
EPS	-	-	1100
Envidraçados	-	-	2300
Sistemas	-	-	3565

Perfazendo o custo total aproximado do sistema o valor estimado de 14 212,00 €.

9. Conclusões

A realização deste projecto teve um carácter pessoal muito vincado uma vez que se trata da casa onde habito e, por isso, o estudo elaborado tem algum impacto na vivência do dia-a-dia e nas decisões pessoais de investimento neste bem imóvel.

Também por isso, as propostas agora apresentadas resultaram do pressuposto equilíbrio entre a maximização do desempenho energético da moradia e as necessidades minimizar o investimento a efectuar.

A análise efectuada ao desempenho energético da moradia permitiu constatar que esta se encontra bastante desactualizada em termos de soluções energéticas.

A implementação dos vãos envidraçados com caixilharia em PVP, e de vidro duplo, irá diminuir em mais de metade o valor do coeficiente global de transmissão de calor (de $6,5\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para $2,7\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

O isolamento do sótão vai ter grande impacto, em termos de perdas/ganhos pela cobertura, uma vez que o seu pavimento contacta com o 1º piso habitável.

O reforço do isolamento entre a garagem e o r/ch terá também vantagens em termos de perdas uma vez que se trata da separação entre um espaço útil e não-útil. O material isolante deverá ser colocado no tecto da garagem.

Adoptou-se o sistema de piso radiante como sistema de aquecimento ambiente para o r/c da moradia. Uma vez que o piso deste andar ainda se encontra em estado bruto, facilitando e tornando mais económica a aplicação da rede de tubagem, houve a possibilidade de beneficiar das vantagens da utilização deste tipo de sistema, em particular o facto de não ocupar espaço útil e de proporcionar uma melhor distribuição de temperatura pelas divisões.

No 1º piso optou-se por desenvolver o sistema de aquecimento central por radiadores já existente aproveitando a vantagem de já não serem necessário trabalhos de construção civil, minimizando assim o investimento a realizar.

O melhoramento da envolvente exterior tem de ser rapidamente tornado uma das principais prioridades, já que o investimento em equipamentos de aquecimento ambiente mais faz sobressair a importância das perdas pela envolvente.

As alterações agora propostas permitem que o desempenho energético da moradia evolua da classe F para a classe D.

Apesar do ainda débil nível de desempenho energético atingido é seguro concluir que as alterações agora propostas representam uma melhoria muito significativa do conforto térmico e do bem-estar dos ocupantes da moradia.

Bibliografia

Incropera F., (2014), *Fundamentos da Transferência de Calor e de Massa*.

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto.

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, 2013

Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE - DL78/2006 de 4 de Abril)

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - DL80/2006 de 4 de Abril)

Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE - DL79/2006 de 4 de Abril)

Çengel, Y.A., Boles, M. A.,(2001) – *Termodinâmica*.

Santos C., Matias. L. (2006), *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC

Perez Lebeña E., Cruz Costa J., (2008), *Conversão Térmica da Energia Solar*.

Oliveira, J. C.; Spencer, S.; Costa, J. C.; Prates, M. L.; Mendes, J. F.; Carvalho, M. J. (2009). *Qualisol - Projecto ALTENER para Promoção do Solar Térmico nos países do Mediterrâneo*.

Joyce, A. (2009). *Energia Solar: Desafios Actuais e Futuros*. Sociedade Portuguesa de Energia Solar.

Alves N., Arzileiro J., Oliveira M., (2012), *Sistema solar térmico para AQS para edifício de habitação com depósito de acumulação comum, permutadores de calor individuais e dissipador de calor*. ISEC.

ADENE, Perguntas e Respostas sobre o RCCTE, versão 2.0, Maio de 2011.

Software Solterm, Laboratório Nacional de Energia e Geologia

Software WEBCaps, Grundfos

ITeCons, Ferramentas de Cálculo de Aplicação do REH

ITeCons, Ferramentas de Apoio à Aplicação do RECS

Catálogos Técnicos e Manuais de Instalação – Vulcano

Catálogos Técnicos e Manuais de Instalação – Grundfos

Catálogos Técnicos e Manuais de Instalação – Calfei

Catálogos Técnicos e Manuais de Instalação – Luxmagna.

Catálogos Técnicos e Manuais de Instalação – Uponor

ADENE - www.adene.pt/

Sustentabilidade - www.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidade

Construção Sustentável - www.construcaosustentavel.pt

Certificação Energética - www.itecons.uc.pt/index.php?module=inst&id=7

Conforto Térmico - www.labee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/Thermal_Booklet.pdf

Craveiro F. Reabilitação de edifícios - paginas.fe.up.pt/~em97058/

Energy Efficiency - ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency

Painéis Solares Térmicos - www.painelsolartermico.com/

Caldeiras – www.classesuperior.pt/primeira-dica/

Anexos

SolTerm 5.1

Licenciado a ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade
()

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Colector Padrão RCCTE

5 módulos (5,0 m²)

Inclinação 33° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: $a_1 = 7,500 \text{ W/m}^2/\text{K}$ $a_2 = 0,014 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

Rendimento óptico: 69,0%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,96 0,95 0,93 0,90 0,87 0,83 0,77 0,68 0,55 0,33 0,00 0,00 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 0,99 0,99 0,98 0,96 0,95 0,93 0,90 0,87 0,83 0,77 0,68 0,55 0,33 0,00 0,00 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 82,4 l/m² por hora (=0,11 l/s)

Depósito

Modelo: típico 200 l

Volume: 200 l

Área externa: 2,70 m²

Material: médio condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coeficiente de perdas térmicas: 2,70 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 5,0 m

Percurso no exterior: 5,0 m com protecção mecânica
Diâmetro interno: 20,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,0 mm
Espessura do isolamento: 30,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

RCCTE - residencial - 5 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Carga térmica: fim-de-semana

RCCTE - residencial - 5 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Coimbra

Coordenadas nominais: 40,2°N, 8,4°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 33° - azimute 0°

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m²	Rad.Inclin. kWh/m²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	89	,	109	324	215
Fevereiro	74	105	,	125	293	168
Março	108	131	,	156	324	168
Abril	148	160	,	189	314	125

Maio	184	181	,	216	324	108
Junho	191	180	,	222	314	92
Julho	211	204	,	261	324	63
Agosto	192	202	,	271	324	53
Setembro	136	160	,	223	314	91
Outubro	102	139	,	191	324	134
Novembro	66	106	,	137	314	177
Dezembro	52	89	,	110	324	214

Anual	1520	1746	,	2212	3820	1608

Fracção solar: 57,9%
 Rendimento global anual do sistema: 25% Produtividade: 442 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade() | 15-11-2014 15:38:09 |

SolTerm 5.1

Licenciado a ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade
()

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Vulcano FKC - 1S/1W

2 módulos (4,5 m²)

Inclinação 33° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: $a_1 = 3,681 \text{ W/m}^2/\text{K}$ $a_2 = 0,017 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

Rendimento óptico: 77,0%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,87 0,82 0,75 0,68 0,51 0,34 0,17 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°

1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97 0,96 0,94 0,91 0,87 0,82 0,75 0,68 0,51 0,34 0,17 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 82,4 l/m² por hora (=0,10 l/s)

Depósito

Modelo: típico 200 l

Volume: 200 l

Área externa: 2,70 m²

Material: médio condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coeficiente de perdas térmicas: 2,70 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 5,0 m

Percurso no exterior: 5,0 m com protecção mecânica
Diâmetro interno: 20,0 mm
Espessura do tubo metálico: 1,0 mm
Espessura do isolamento: 30,0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

RCCTE - residencial - 5 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Carga térmica: fim-de-semana

RCCTE - residencial - 5 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Coimbra

Coordenadas nominais: 40,2°N, 8,4°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 33° - azimute 0°

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m²	Rad.Inclin. kWh/m²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	56	89	,	160	324	165
Fevereiro	74	105	,	176	293	117
Março	108	131	,	214	324	110
Abril	148	160	,	239	314	75

Maio	184	181	,	278	324	46
Junho	191	180	,	275	314	39
Julho	211	204	2,	306	324	18
Agosto	192	202	3,	313	324	11
Setembro	136	160	,	272	314	42
Outubro	102	139	,	241	324	83
Novembro	66	106	,	190	314	124
Dezembro	52	89	,	162	324	163

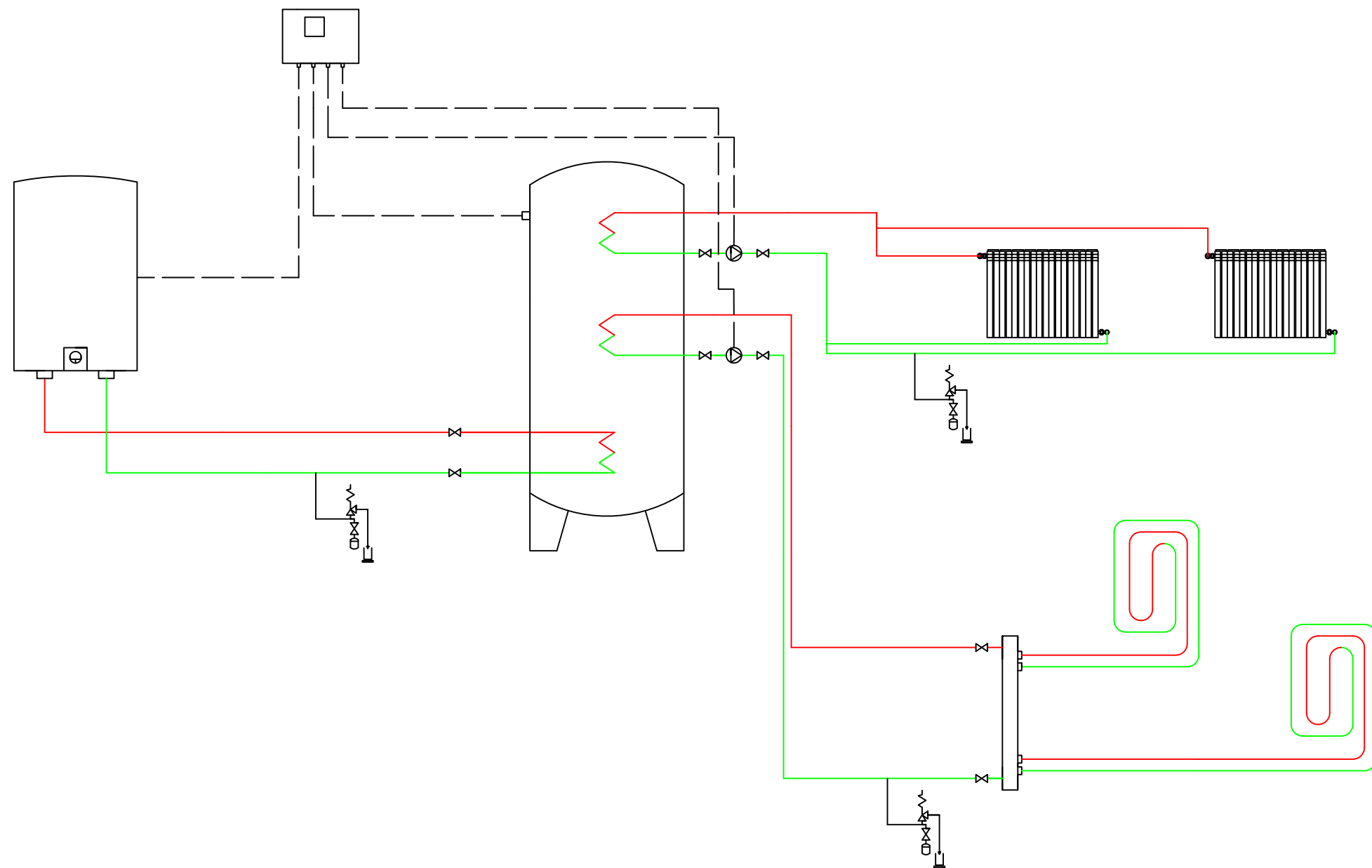
Anual	1520	1746	5,	2826	3820	994

Fracção solar: 74,0%

Rendimento global anual do sistema: 36% Produtividade: 626 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade() | 15-11-2014 15:44:41 |

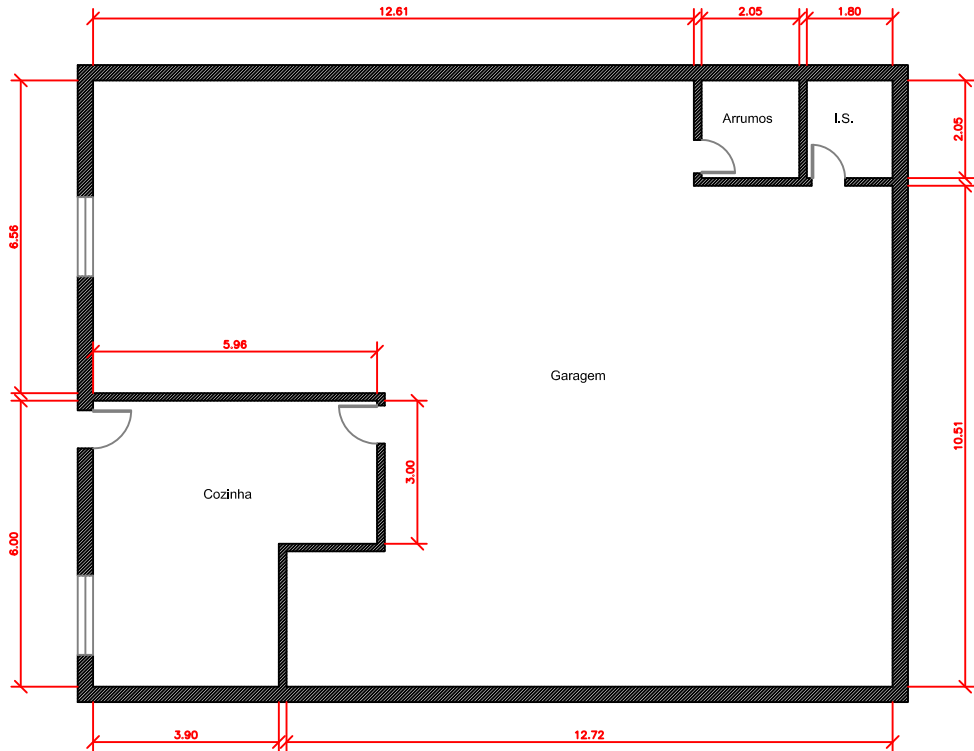


Legenda Técnica

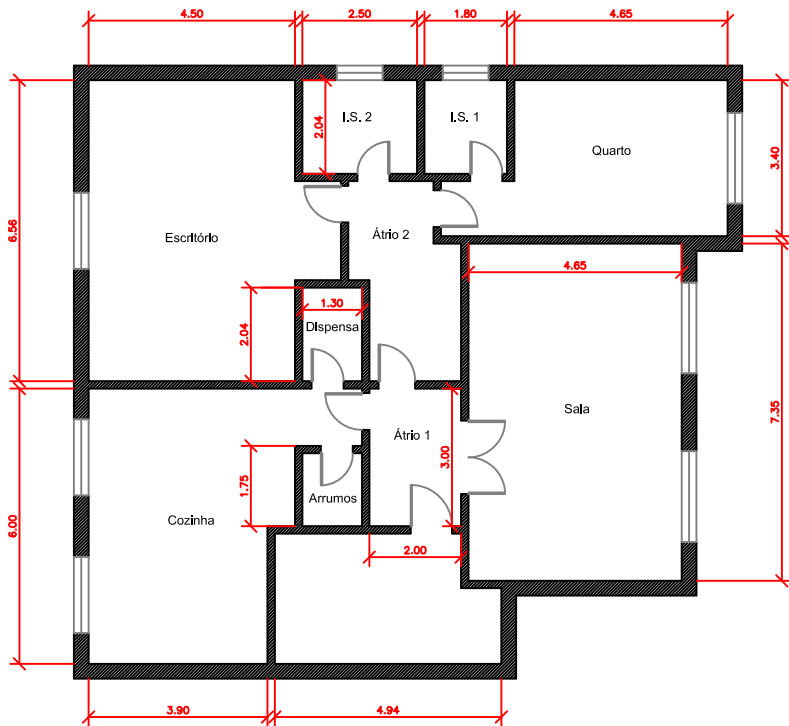
	Tubagem de Retorno
	Tubagem de Ida
	Bomba Circuladora
	Válvula de Seccionamento
	Válvula de Segurança
	Vaso de Expansão Fechado
	Manómetro
	Termómetro

	Data	Assinatura	ISEC - Departamento de Engenharia Mecânica	João Nuno da Cunha Arzileiro
Desenhou	06/09/2014			
Verificou	06/09/2014			
Homologou	06/09/2014			
	Esquema Hidráulico Sistema Proposto			
S/Escala				

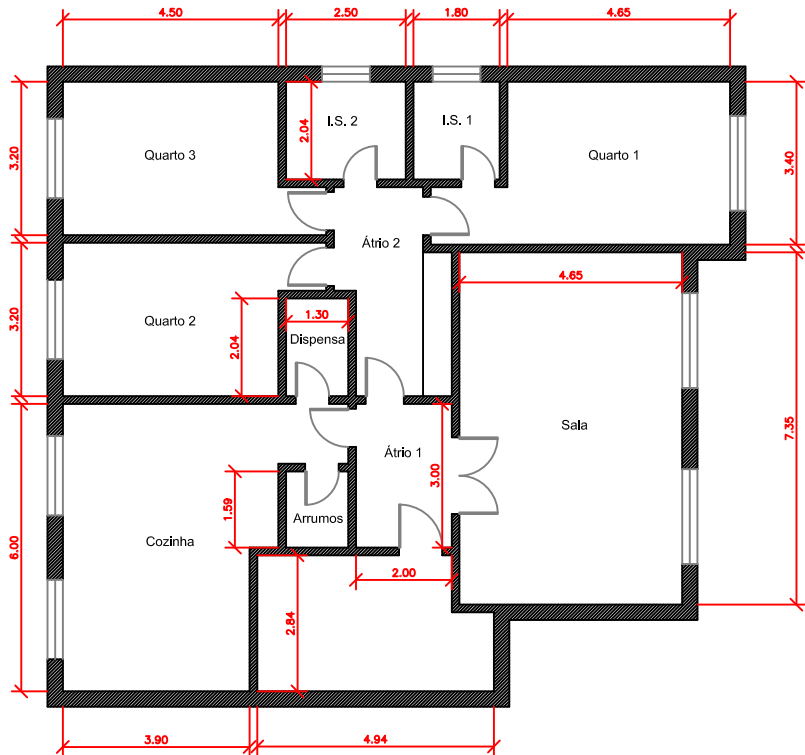
Garagem



Rés-do-Chão



1º Piso



	Data	Assinatura	ISEC - Departamento de Engenharia Mecânica	João Nuno da Cunha Arzileiro
Desenhou	06/09/2014			
Verificou	06/09/2014			
Homologou	06/09/2014			
	Plantas de Arquitectura:			
	- Garagem			
	- Rés-do-Chão			
	- 1º Piso			
S/Escala				